

**D. L. ORLOVSKYI, A. M. KOPP, O. O. KUZMIN**

## **INFORMATION SUPPORT FOR THE ANALYSIS OF SKILLS AND ABILITIES OF UNIVERSITY STUDENTS**

In the below article, the application of the fuzzy logical conclusion method is considered as decision-maker in the process of analyzing the students skills and abilities based on the requirements of potential employers, in order to reduce the time of the first interview for potential candidates on a vacant position. When analyzing the results of the assessment of the competence of university students, a certain degree of fuzziness arises. In modern practice, fuzzy logic is used in many different assessment methods, including questioning, interviewing, testing, descriptive method, classification method, pairwise comparison, rating method, business games competence models, and the like. Each of the methods has its advantages and disadvantages, but they are effective only as part of a unified personnel management system. As a method for implementing a systematic approach to the assessment of the contingent of students, it is proposed to use fuzzy logic, a mathematical apparatus that allows you to build a model of an object based on fuzzy judgments. The use of fuzzy logic, the mathematical apparatus of which allows you to build a model of the object, based on fuzzy reasoning and rules. The most important condition for creating such a model is to translate the fuzzy, qualitative assessments used by man into the language of mathematics, which will be understood by the computer. The most used are fuzzy inferences using the Mamdani and Sugeno methods. In a fuzzy inference of the Mamdani type, the value of the output variable is given by fuzzy terms, in the conclusion of the Sugeno type, as a linear combination of the input variables. Research in the field of application of fuzzy logic in socio-economic systems suggests that it can be used to assess the competencies of university students.

**Keywords:** choice of alternatives, fuzzy logic, automated information system, fuzzy conclusion, fuzzy judgments, aggregation of alternatives

**Д. Л. ОРЛОВСЬКИЙ, А. М. КОПП, О. О. КУЗЬМІН**

## **ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА АНАЛІЗУ НАВИЧОК ТА ЗДІБНОСТЕЙ КОНТИНГЕНТУ СТУДЕНТІВ ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ**

У даній роботі розглянуто застосування методу нечіткого логічного висновку для підтримки прийняття рішень в задачах аналізу навичок та здібностей контингенту студентів виходячи з вимог потенційних роботодавців, з метою зменшення часу на первинну обробку інформації щодо потенційних кандидатів на вакантну посаду. Під час аналізу результатів оцінки компетентності студентів ВНЗ виникає певна ступінь нечіткості. У сучасній практиці нечітка логіка застосовується у багатьох різних методах оцінки, у тому числі анкетування, інтерв'ю, тестування, описовий метод, метод класифікації, парне порівняння, рейтинговий метод, ділові ігри моделі компетентності тощо. Кожен з методів має свої переваги та недоліки, але ефективні вони тільки в складі єдиної системи управління персоналом. Як метод для реалізації системного підходу до оцінки контингенту студентів запропоновано використовувати нечітку логіку, математичний апарат, який дозволяє побудувати модель об'єкту, засновану на нечітких розсудах і правилах. Використання нечіткої логіки, математичний апарат якої дозволяє побудувати модель об'єкта, що ґрунтується на нечітких міркуваннях і правилах. Найважливіша умова створення такої моделі полягає в тому, щоб перевести нечіткі, якісні оцінки, що застосовуються людиною, на мову математики, яка буде зрозуміла обчислювальній машині. Найбільш використовуваними є нечіткі висновки за допомогою способів Мамдані та Сугено. У нечіткому висновку типу Мамдані значення вихідної змінної задаються нечіткими термами, у висновку типу Сугено – як лінійна комбінація вхідних змінних. Дослідження в сфері застосування нечіткої логіки в соціоекономічних системах дозволяють говорити про можливість її використання для оцінки компетенцій студентів вищих навчальних закладів.

**Ключові слова:** вибір альтернатив, нечітка логіка, автоматизована інформаційна система, нечіткий висновок, нечіткі судження, агрегування альтернатив.

**Д. Л. ОРЛОВСКИЙ, А. М. КОПП, А. О. КУЗЬМИН**

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА АНАЛИЗА НАВЫКОВ И УМЕНИЙ КОНТИНГЕНТА СТУДЕНТОВ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ**

В данной работе рассмотрено использование метода нечеткого логического вывода для поддержки принятия решения в задачах анализа навыков и умений контингента студентов исходя из требований потенциальных работодателей, с целью уменьшения времени на первичную обработку информации касательно потенциальных кандидатов на вакантную должность. При анализе результатов оценки компетентности студентов вузов возникает определенная степень нечеткости. В современной практике нечеткая логика применяется во многих различных методах оценки, в том числе анкетирование, интервью, тестирование, описательный метод, метод классификации, парное сравнение, рейтинговый метод, деловые игры модели компетентности и тому подобное. Каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки, но эффективны они только в составе единой системы управления персоналом. Как метод для реализации системного подхода к оценке контингента студентов предложено использовать нечеткую логику, математический аппарат, который позволяет построить модель объекта, основанную на нечетких суждениях. Использование нечеткой логики, математический аппарат которой позволяет построить модель объекта, основываясь на нечетких рассуждениях и правилах. Важнейшее условие создания такой модели заключается в том, чтобы перевести нечеткие, качественные оценки, применяемые человеком, на язык математики, которая будет понятна вычислительной машине. Наиболее используемыми являются нечеткие выводы с помощью способов Мамдани и Сугено. В нечетком выводе типа Мамдани значение выходной переменной задаются нечеткими термами, в заключении типа Сугено – как линейная комбинация входных переменных. Исследования в области применения нечеткой логики в социально-экономических системах позволяют говорить о возможности ее использования для оценки компетенций студентов вузов.

**Ключевые слова:** выбор альтернатив, нечеткая логика, автоматизированная система управления, нечеткий вывод, нечеткие суждения, агрегирование альтернатив.

**Introduction.** Systems based on fuzzy logic have been developed and successfully implemented in such areas as process control, transport, home appliances, medical and technical diagnostics, financial management, financial analysis, stock forecasting, pattern recognition,

risk and critical activity research, earthquake forecasting, assembly of bus schedules, climate control in buildings.

Most modern control problems cannot be solved simply by classical methods because of the very large complexity of mathematical models that describe them.

© D. L. Orlovskiy, A. M. Kopp, O. O. Kuzmin, 2018

In today's conditions, more than ever, the issues of employment of university students are being considered. Also, the question appears about the students training, which should as much as possible answers to the employer's requirements.

The development of a decision-making mechanism for the objective assessment of students' knowledge and skills is actual subject for now. Such a task is poorly structured. In the conditions of incompleteness and inaccuracy of information, the construction of an exact mathematical model is problematic. On the other hand, the creation of a model of complex objects that is poorly formalized becomes difficult to implement. In this cases, the most effective are fuzzy simulation methods, which are largely based on knowledge of experts, on the basis of which, in turn, positive results can be obtained in the iterative process of refinement of a consistent model. In this regard, it is advisable to use the method of fuzzy logical conclusion for solving the problem of assessment and analysis of skills and competences of students of higher educational institutions.

**Purpose of the study.** The purpose of this work is to justify the practical use of fuzzy logical conclusions in order to make decisions in the selection of the most trained students for employment in an IT company. It will also help reduce the burden on HR managers and reduce the time spent on interviewing.

**Analysis of recent research.** In recent years, the number of publications on the theoretical and applied aspects of the processing of fuzzy information has increased. Software and hardware-software complexes have been developed to support decision-making based on fuzzy logic and knowledge with different levels of intelligence [1, 2].

The subject area of recent research is the applications in home appliances, medicine and other areas of human life [3–5]. It should be noted that the latest applied developments unite the direction of implementation of one of the possible modifications of the algorithms of fuzzy logical conclusion, namely, the composite conclusion.

**Using fuzzy logic to assess competencies.** In modern practice, fuzzy logic is used in many different evaluation methods, including questionnaires, interviews, testing, descriptive method, classification method, pair comparison, rating method, business models of competency, etc. [5, 6]. Each of the methods has its advantages and disadvantages, but they are effective only as part of a unified HR system. It is necessary that the evaluation methodology, which provides the basis for the implementation of functions of personnel management:

- was based on objective information and provided objective assessments of candidates;
- encouraged those who select to justify a decision based on an agreed system of criteria;
- ensured mutual understanding of the parties in the assessment of personnel [7];
- ensured implementation of management decisions.

When analyzing the results of staff assessment there is a certain degree of fuzziness. As a method for

implementing a systematic approach to personnel assessment, it is proposed to use fuzzy logic, a mathematical device that allows constructing a model of an object based on fuzzy discretions and rules. The most important condition for the creation of such a model is to translate the fuzzy, qualitative estimates that are used by a person into the language of mathematics, a computer that is understandable [8, 9]. Research in the field of fuzzy logic in socioeconomic systems [10] allows us to talk about the possibility of its use for assessing the competences of university students.

**Formulation of the problem.** A typical example of a selection problem is the consideration by the leadership of an organization of candidates for internships.

The task is to use the fuzzy inference method to identify the best bidder.

Let  $U$  – many elements,  $A$  – its fuzzy subset, the degree of membership of which is a number from the unit interval  $[0, 1]$ . Subset  $A$  are values of the linguistic variable  $X$ .

Let the set of solutions characterized by a set of criteria  $X_1, X_2, \dots, X_p$ , ie, linguistic variables on base sets  $U_1, U_2, \dots, U_p$  respectively. A set of several criteria with corresponding values characterizes the idea of satisfactory solution.

Variable  $S$  "satisfactorily" is also linguistic. Example of pronunciation:

$d_1$ : «if  $X_1 = \text{low}$  and  $X_1 = \text{good}$  then  $S = \text{high}$ ».

In general, the expression is as follows:

$d_i$ : «if  $X_1 = A_{1,i}$  and  $X_2 = A_{1,i}$  and ...  $X_p = A_{1,p}$ , then  $S = B_i$ ».

We will mark the section  $X_i = A_{1,i} \cap X_2 = A_{2,i} \cap \dots \cap X_p = A_{p,i}$  by  $X = A_i$ . The operations of the intersection of fuzzy sets correspond to finding the minimum of their membership functions:

$$\mu_{A_i}(y) = \min_{y \in V} \{\mu_{A_{1,i}}(u_1), \mu_{A_{2,i}}(u_2), \dots, \mu_{A_{p,i}}(u_p)\},$$

where  $V = U_1 \times U_2 \times \dots \times U_{p,i} = (u_1, u_2, \dots, u_p)$ ,  $\mu_A(u_j)$  – value of the element  $u_j$  of the fuzzy set  $A_{i,j}$ . Then the statement will look like:

$d_i$ : «if  $X = A_i$ , then  $S = B_i$ ».

Denote the base set through  $W$ . Then  $A^i$  – fuzzy subset  $W$ , while  $B^i$  – fuzzy subset of the unit interval  $I$ .

The implication of fuzzy sets is expressed in the following way:

$$\mu_H(w, i) = \min_{w \in W} \{1, (1 - \mu_A(w) + \mu_B(i))\},$$

where  $H$  – fuzzy subset.

Similarly, the statement  $d_1, d_2, \dots, d_q$  converted into plural  $H_1, H_2, \dots, H_q$ .

Their association is plural  $D$ :

$$D = H_1 \cup H_2 \cup \dots \cup H_q$$

and for everyone  $(w, i) \in W \times I$ :

$$\mu_D(w, i) = \min_{w \in W} \{\mu_{H_i}(w, i)\}, i = 1, 2, \dots, q.$$

Consider the choice of alternatives, each of which is described by a fuzzy subset  $C$  from a subset  $W$ . Satisfaction of the alternative is determined on the basis of the compositional rule of withdrawal. Then:

$$\mu_C(i) = \max_{w \in W} \{\min\{\mu_C(w), \mu_D(w, i)\}\}.$$

Comparison of alternatives is based on point estimates.

$$A_\alpha = \{x | \mu_A(x) \geq \alpha, x \in I\}.$$

For each  $A_\alpha$  can calculate the average number of elements  $M(A_\alpha)$ :

$$M(A_\alpha) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{a_i + b_i}{2} (b_i + a_i)}{\sum_{i=1}^n (b_i + a_i)}.$$

Then the point value for the plural  $A$ :

$$M(A) = \frac{1}{\alpha_{\max}} \int_0^{\alpha_{\max}} M(A_\alpha) d\alpha,$$

where  $\alpha_{\max}$  – value at which  $A$  has a maximum.

When choosing alternatives, satisfaction is determined for each of them and the corresponding point score is calculated. The best is considered an alternative with its greatest value [11, 12].

To solve the problem of identifying the best candidate for a particular job, we propose the use of client-server technology based on the use of the MySQL database server, the programming language PHP, JS, CSS, HTML. In the fragment of the data model, the following entities are represented.

The structure of the database is illustrated by the database fragment, which is shown in Figure 1. The given fragment shows the main essence (tables) through which data about students, their skills, competencies, levels of competences are stored.

The sequence of software use may be as follows. Students who are considered as potential candidates make tests or fill out questionnaires on the basis of which basic

information about their competences, knowledge and skills is formed. This information falls into the database. Then, with the help of software, the primary assessment of the contingent of students is carried out, on the basis of which a list of candidates is created, which is ranked by the value of the point estimate. These data are primary to select the most promising candidates, followed by an additional interview.

The task is to use the method of fuzzy logical conclusion to find the best bidder. An example of selecting a junior front-end developer for a specific position, the main requirements of which are:

- D1: «If the candidate has the skills to work with JS, CSS3, HTML5, then he satisfies (which meets the requirements)»;
- D2: «If it is with d1 has the skills to work with JQuery, then he more than satisfies»;
- D3: «If it is with  $d_1$  has the skills to work with Bootstrap, then he more than satisfies»;
- D4: «If he has all the stipulated skills in  $d_1, d_2, d_3$ , then he is impeccable»;
- D5: «If he do not have the skills to work with JS or CSS3 or HTML5, he does not satisfy».

The analysis of the five pieces of information gives the five criteria that are used to make a decision:

- X1 – the skill of working with JS;
- X2 – the skill of working with JQuery;
- X3 – the skill of working with CSS3;
- X4 – the skill of working with HTML5;
- X5 – the skill of working with Bootstrap.

Figure 2 depicts the rules for this competence.

We have 4 candidates to evaluate their competencies. Information about candidates Candidate1 – Candidate4 is arbitrary, based on restrictions on the disclosure of personal data. Estimates for each candidate are presented in Table 1.

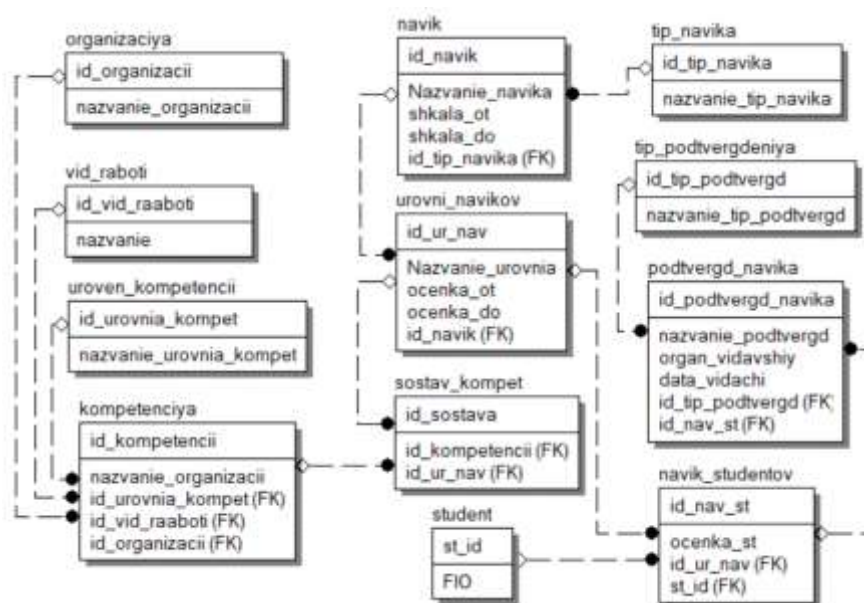


Fig.1. A fragment of the data model

Ид правила	Правило	
37	Если HTML и Bootstrap и CSS3 и JS то кандидат более чем удовлетворяющий	✖
38	Если HTML и CSS3 и JS то кандидат удовлетворяющий	✖
39	Если HTML и JQuery и CSS3 и JS то кандидат более чем удовлетворяющий	✖
40	Если HTML и JQuery и Bootstrap и CSS3 и JS то кандидат безупречный	✖
41	Если не HTML или не CSS3 или не JS то кандидат не удовлетворяющий	✖

Объединитель навыков: И ☐ Если ☒ Следовательно такой кандидат: удовлетворяющий кандидат ☒

Fig. 2. Rules of competence

Table 1 – Estimates for each candidate

Candidates	Skills				
	JS	JQuery	CSS3	HTML5	Bootstrap
Candidate1	0.8	0.5	0.5	0.1	0.3
Candidate2	0.6	0.78	0.8	0.77	0.5
Candidate3	0.3	0.8	0.33	0.5	0.2
Candidate4	0.3	0.2	0.75	0.78	0.8

Thus, using the software developed, we can give a point-by-point evaluation to each candidate and draw conclusions about which candidate is best suited for this vacancy.

Figure 3 shows the results of the evaluation of candidates with the help of the developed software.

Фамилия	Имя	Отчество	Оценка
Candidate2	Candidate2	Candidate2	0.7041
Candidate4	Candidate4	Candidate4	0.4957
Candidate3	Candidate3	Candidate3	0.4425
Candidate1	Candidate1	Candidate1	0.3

Fig. 3. Results of the analysis

The dot satisfaction rating for the alternative candidate1 is 0.3, for candidate2 it is 0.7041, candidate3 – 0.4257 and candidate4 – 0.4957. As the best alternative, we select the candidate with the highest score. Table 2 shows the rating of candidates.

**Conclusion.** The results of the study suggest that the use of the fuzzy logic method favors the selection of the most suitable candidates for a particular position and thereby reduces the time spent on processing information

about candidates by HR-manager of the company, which interacts not with dozens but with hundreds of candidates. This methodology gives information about the candidates, and the final decision is made by the person who has this authority.

The considered methodology for evaluating the competence of specialists can be adapted for other spheres, taking into account the specifics of the enterprise and the features of the personnel management system.

#### References

1. Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н. *Анализ, синтез, планирование решений в экономике*. Москва: Финансы и статистика, 2000. 368 с.
2. Коваленко И. И., Фарионова Т. А., Приходько С. Б. *Методы принятия решений*. Николаев: НУК, 2009. 180 с.
3. Крап Н. П., Юзевич В. М., *Управление развитием складных систем*. Львів: Принт200, 2012. 132 с
4. Bellman R. E., Zadeh L. A. Decision making in a fuzzy environment. *Management Science*. Vol. 17. P. 141–164.
5. Кибанов А. Я. *Управление персоналом организации*. Москва: Инфра-М, 2010. 638 с.
6. Иванова С. В. *Искусство подбора персонала. Как оценить человека за час*. Москва: Альпина Паблишерз, 2011. 230 с.
7. Магура М. И., Курбатова М. Б. *Современные персонально-технологии*. Москва: Управление персоналом, 2003. 384 с.
8. Piegat A. *Fuzzy Modeling and control*. Szczecin: Springer, 2001. 772 p.

Table 2 – Rating of candidates

Candidates	Skills					Spot assessment
	JS	JQuery	CSS3	HTML5	Bootstrap	
Candidate2	0.6	0.78	0.8	0.77	0.5	0.7041
Candidate4	0.3	0.2	0.75	0.78	0.8	0.4957
Candidate3	0.3	0.8	0.33	0.5	0.2	0.4425
Candidate1	0.8	0.5	0.5	0.1	0.3	0.3

9. Круглов В. В., Дли М. И., Голубов Р. Ю. *Нечеткая логика и искусственные нейронные сети*. Москва: Физматлит, 2001. 347 с.
10. Кулик Р. В. Применение принципов нечеткой логики в методологии BSC. *Экономические науки*. 2009. № 7 (56). С. 322–325.
11. Борисов А. Н., Крумберг О. А., Федоров И. П. *Принятие решений на основе нечетких моделей*. Рига: Зинатне, 1990. 184 с.
12. Zeng J., Liu Z. Q. Type-2 fuzzy sets for handling uncertainty in pattern recognition. *Proc. «FUZZ-IEEE»*. Vancouver, 2006. P. 6597–6602.
5. Kibanov A. Ya., *Upravlenie personalom organizatsii* [Organization Personnel Management]. Moscow: Infra-M Publ., 2010. 638 p.
6. Ivanova S. V. *Iskusstvo podbora personala. Kak otsenit cheloveka za chas* [The art of recruitment. How to evaluate a person in an hour]. Moscow: Alpina Publishers Publ., 2011. 230 p.
7. Magura M. I., Kurbatova M. B. *Sovremennyye personal-tehnologii* [Modern personnel technologies]. Moscow: Upravlenie personalom Publ., 2003. 384 p.
8. Piegat A. *Fuzzy Modeling and control*. Szczecin: Springer, 2001. 772 p.
9. Kruglov V. V., Dli M. I., Golubov R. Yu. *Nechetkaya logika i iskusstvennyye neyronnyye seti* [Fuzzy logic and artificial neural networks]. Moscow: Fizmatlit Publ., 2001. 347 p.
10. Kulik R. V. *Primenenie printsipov nechetkoy logiki v metodologii BSC* [Application of Fuzzy Logic Principles in the Methodology of BSC]. *Jekonomicheskie nauki*, 2009, no. 7 (56), pp. 322–325.
11. Borisovand A. N., Krumbergand O. A., Fedorov I. P. *Prinyatie resheniy na osnove nechetkih modeley* [DecisionMakingBasedonFuzzyModels], Riga: Zinatne Publ., 1990. 184 p.
12. Zeng J., Liu Z. Q. Type-2 fuzzy sets for handling uncertainty in pattern recognition. *Proc. «FUZZ-IEEE»*. Vancouver, 2006. P. 6597–6602.

#### References (transliterated)

1. Andreichikov A. B., Andreichikova O. N. *Analiz, sintez, planirovaniye resheniy v ekonomike* [Analysis, synthesis, planning decisions in the economy]. Moscow: Finansy i statistika Publ., 2000. 368 p.
2. Kovalenko I. I., Farionov T. A., Prikhodko S. B. *Metodyi prinyatiya resheniy* [Decision-making methods]. Nikolaev: NUK Publ., 2009. 180 p.
3. Krap N. P., Yuzevich V. M. *Upravlnnyia rozvitkom skladnih sistemenyi* [Managing the development of folding systems]. Lviv: Pront200 Publ., 2012. 132 p.
4. Bellman R. E., Zadeh L. A. Decision making in a fuzzy environment, *Management Science*, 1970. pp. 141–164.

Received 05.09.2018

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Орловський Дмитро Леонідович (Орловский Дмитрий Леонидович, Orlovskiy Dmitro Leonidovich)** – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8261-2988>; e-mail: [ordm@kpi.kharkov.ua](mailto:ordm@kpi.kharkov.ua).

**Копп Андрій Михайлович (Копп Андрей Михайлович, Kopp Andrii Mykhailovych)** – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3189-5623>; e-mail: [kopp93@gmail.com](mailto:kopp93@gmail.com).

**Кузьмін Олексій Олегович (Кузьмин Алексей Олегович, Kuzmin Oleksii Olegovich)** – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», студент кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6527-9477>; e-mail: [oleksii.kuzmyn@gmail.com](mailto:oleksii.kuzmyn@gmail.com).